© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

glanduloso-ciliatis, albis sed venis virentibus eleganter striolatis. Stamina 10 supra basin corollae inserta, inclusa, filamento lato tenero diaphano, anthera cordato-rotundata atropurpurea. Carpella 5 libera, glandulis 5 hypogynis carnosis truncatis croceis cincta, oblique ovoidea, stylo laterali brevi extus curvato, in stigma capitatum desinente terminata, intus ad suturam ventralem ovula multa lanceolata stipitata ferentia. — Folia glauco-virentia, rosularum 10—12 *mm* longa. Caules 4—5 *cm* alti, flores expansi 8—10 *mm* lati.

Boissier ordnet in seiner Flora orientalis (vol. II p. 770) die Arten der Section *Rosularia*, deren er 12 beschreibt, in zwei Gruppen, nämlich: 1. in solche caule florifero determinato e centro rosulae nascente und 2. in solche caulibus indeterminatis extrarosularibus. *Umbilicus Winkleri*, dessen Blütenstengel aus dem Centrum der Blattrosette hervorbricht und an der Theilungsstelle der Inflorescenz durch die älteste Blume geschlossen ist, gehört folglich zur ersten Gruppe, von welcher Boissier nur eine Art mit bleich- bis purpurrothen Blumen anführt, nämlich *U. elymaiticus* Boiss. et Hausskn. vom Prof. Haussknecht in den Hochgebirgen des südwestlichen Persien entdeckt. Abgesehen von der Blumenfärbung unterscheidet sich diese Art von *U. Winkleri* durch die spatelförmigen am Grunde lang verschmälerten Blätter, ihren von der Basis an reich verzweigten einen pyramidalen Blütenstand bildenden Stengel und die Glockenform der Blumenkrone. Habituell gleicht die spanische Pflanze dem zur zweiten Gruppe gehörigen, in den Gebirgen Nordpersiens und Südkaukasiens wachsenden, schon vom Marschall Bieberstein (unter *Cotyledon*) beschriebenen *Umbilicus Sempervivum* DC., welcher übrigens auch purpurne Blumen besitzt, die dreimal länger als der Kelch und bis über die Mitte in lanzettförmige lang zugespitzte Zipfel getheilt sind.

---

38. Carl Steinbrinck: Ueber den Oeffnungsmechanismus der Hülsen.

Eingegangen am 21. Juni 1883.

Nachdem G. Kraus in seiner i. J. 1866 erschienenen Abhandlung: „Ueber den Bau trockener Pericarpien“ als eine der wesentlichsten Eigenthümlichkeiten in dem anatomischen Bau der Hülsen die zur Frucht-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

axe schiefe Richtung und den gekreuzten Verlauf der Hartschicht- und Aussenepidermis-Zellen nachgewiesen hatte, suchte ich i. J. 1873 [1]) zu zeigen, dass die auffallende Orientirung jener Gewebselemente mit dem Oeffnungs- und Schleuder-Mechanismus der Papilionaceenfrüchte im engsten Zusammenhang stehe. Auf Grund der an vielen Pericarpien gemachten Beobachtung, dass die gestreckten Zellen derselben beim Austrocknen ihrer Wandung vorwiegend in der Quere schrumpfen, stellte ich die Behauptung auf, dass bei den trockenen Hülsenklappen zwar die Einwärtsbewegung an sich auf Differenzen der Quellungsfähigkeit beruhe, welche zwischen den Wandsubstanzen der Aussenepidermis (resp. des Hypodermas) und der Hartschicht bestehen, dass aber die Art der Einwärtsbewegung, nämlich die schraubige Krümmung, durch hygroskopische Spannungen bedingt sei, welche durch die erwähnten Stellungsunterschiede hervorgerufen werden. Gegen diese Auffassung hat nun i. J. 1881 A. Zimmermann in seiner Abhandlung: „Ueber mechanische Einrichtungen zur Verbreitung der Samen und Früchte mit besonderer Berücksichtigung der Torsionserscheinungen“ Einwand erhoben. [2])

Er sagt nämlich (pag. 26): „Vom mechanischen Standpunkt lässt sich gegen diese Erklärung nichts einwenden, und es stimmen auch die von Steinbrinck angeführten Experimente mit derselben vollkommen überein. Nur eine Prüfung seiner Theorie vermisst man gänzlich an seinen Angaben, nämlich die, wie sich nach Abtrennung der äusseren Schichten die Hartschicht verhält. Finden an dieser dann noch dieselben Torsionen statt, wie dies Hildebrand für *Lupinus* behauptet, so fällt natürlich damit seine ganze Theorie“. Bei *Orobus vernus* und *Caragana arborescens* glaubt er nun an der isolirten Hartschicht „dieselben“ Torsionen wie an der vollständigen Klappe wahrgenommen zu haben; er sieht daher das Hartgewebe allein als den Sitz der hygroskopischen Spannungen an und bemerkt bezüglich der Aussen-

---

1) Inauguraldissertation: Ueber die anatomischen Ursachen des Aufspringens der Früchte.

2) Da ich aus der Abhandlung, welche erst vor wenigen Tagen zu meiner Kenntniss gelangt ist, ersehe, dass Zimmermann bei der Anführung meiner betreffs der Torsion der *Erodium*-Granne gewonnenen Resultate aus der Abhandlung: „Untersuchungen über das Aufspringen einiger trockner Pericarpien“ einen fatalen Druckfehler (Bot. Zeit. 1878, pg. 597, Zeile 3 v. o) nicht als solchen erkannt hat, so erlaube ich mir, denselben bei dieser Gelegenheit richtig zu stellen. Es heisst dort von den durch Maceration isolirten mittleren Fasern: „Sie zeigen oft schon ohne Anwendung weiterer Quellungsmittel eine Vertiefung in Form einer linksläufigen Spirale“ — Anstatt des Wortes: Vertiefung ist zu lesen: Streifung, dem entsprechend, dass auch fernerhin im Text (s. Zeile 11 und 16 v. o), sowie in der Anmerkung nur von der Nägeli'schen Spiral- oder Ring-Streifung die Rede ist. — Zugleich sei bemerkt, dass in der Figurenerklärnng am Schluss desselben Aufsatzes statt *Veronica agrestis* wie im Texte *Veronica arvensis* zu lesen ist.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

epidermis: „die äussere Epidermis (und deren anatomische Verstärkung bei *Caragana*) wirkt nur verstärkend . . . auf den Mechanismus ein" (pag. 38). „Uebrigens ist diese Verstärkung nur gering" (pag. 28). Diese Ergebnisse lassen ihm die Richtigkeit meiner Ansicht auch in den von mir besprochenen Fällen zweifelhaft erscheinen. —

Die Spannungen innerhalb der Hartschicht führt er nun auf Schrumpfungs-Unterschiede zurück, welche durch anatomische Differenzen angedeutet sind. Er präcisirt dieselben genauer dahin, „dass, während die äusseren Zellen sehr dickwandig und auf den Tangentialwänden mit feinen Porenkanälen, die sich oft baumartig verzweigen, wie übersät sind, also den sclerenchymatischen Steinzellen sehr nahe zu stehen scheinen, die inneren trotz ihrer geringen Wanddicke den Character echt mechanischer Zellen besitzen; diese haben nämlich normale schiefgestellte Poren und auch in viel geringerer Anzahl" (s. pag. 29). Die letztbeschriebenen dünnwandigeren schiefporigen Fasern sieht Zimmermann demnach offenbar als das active Schrumpfungsgewebe, die äusseren dickwandigeren, steinzellenähnlichen als das passive Widerstandsgewebe an. Mithin müsste, wenn man die ersteren entfernte, die Schraubenkrümmung ganz unterbleiben oder „nur gering" sein. Ich habe das einfache Experiment an der Hülse von *Lathyrus odoratus*[1]) angestellt. Bei einiger Geduld gelingt es leicht, an grösseren Klappenstücken die von Zimmermann für activ angesehenen Fasern durch Schaben vermittelst eines Scalpells mit convexer Schneide gänzlich zu beseitigen. Derartig präparirte Streifen, an welchen ich mich durch in verschiedener Richtung geführte mikroskopische Schnitte überzeugte, dass die Hartschicht etwa auf die Hälfte reducirt war, und der Rest nur noch die dickwandigeren äusseren mit vielen Porenkanälen durchsetzten Zellen enthielt, nahmen nun beim Austrocknen ebenfalls eine Schraubenkrümmung an, welche weder in der Grösse der Drehung noch in der Energie derselben auffallend hinter der Schraubenkrümmung gleicher unversehrter Streifen zurückblieb. In Erwägung der sehr grossen Uebereinstimmung, welche Aussenepidermis und Hartschicht bei *Lathyrus odoratus* und *Orobus vernus* zeigen, bezweifle ich nicht im mindesten, dass der Versuch an *Orobus vernus* dasselbe Resultat ergeben wird. Ebensowenig ist mir in Anbetracht der mächtigen Entwicklung des Hypodermas bei *Caragana* das Ergebniss des Versuchs an dieser Hülse fraglich.

Unterzieht man nunmehr die Schraubenkrümmungen der ganzen Klappe und der isolirten Hartschicht von *Lathyrus odoratus* einer vergleichenden quantitativen Prüfung, so zeigt sich, dass diese durchaus nicht „dieselben", vielmehr in mehrfacher Beziehung wesentlich ver-

1) Sie ist in meiner Dissertation pag. 12 ff. nach der damaligen Angabe des Bonner botan. Gartens fälschlich als *Vicia colorata* beschrieben.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schieden sind. Zunächst ist die Grösse der Drehung an der trockenen Hartschicht erheblich geringer, als an der ganzen Klappe. Während ein Streifen der letzteren oder auch ein nach obiger Angabe präparirtes der Innenfasern beraubtes Stück etwa 1½ Windungen einging, zeigten Streifen der isolirten Hartschicht von gleicher Grösse nicht einmal eine ganze Windung. Aehnliches beobachtet man an anderen Hülsen. An ganzen Hartschichten einer kleinen *Vicia* z. B. war die Einwärtskrümmung nur schwach angedeutet, während die jedesmal derselben Hülse entnommene vollständige Schwesterklappe mehr als einmal gewunden war.

In noch höherem Grade wird durch die Wegnahme der Aussenepidermis die Drehungs-Energie vermindert. Während man die Einrollung der isolirten Hartschichten von *Lathyrus*, *Lupinus albus* u. a. mit der Hand sehr leicht nahezu völlig aufheben kann, leistet die vollständige Klappe der rückwärtsdrehenden Hand einen beträchtlichen Widerstand. Um durch einen Versuch ein ungefähres Maass für das Verhältniss der Widerstandsgrössen in beiden Fällen zu erlangen, wurde folgendermaassen verfahren. Sowohl von der isolirten Hartschicht, als von der vollständigen Klappe einer trockenen *Lathyrus*-Hülse wurden rinnenförmige Streifchen von 1 cm Länge und etwa 3 mm Breite so geschnitten, dass die Längsränder den Fasern parallel liefen. Dieselben wurden vermittelst Siegellacks mit dem einen Längsrande zwischen zwei Objectträger oder an deren schmale Seitenfläche gekittet. Dann wurde über den freien Längsrand jedes Stückchens ein Faden gelegt, an dessen herabhängende Enden ein Gewicht angeknüpft war. Bei den der Aussenepidermis beraubten Streifen genügte ein Gewicht von etwa 20 *g*, um den belasteten Rand völlig herabzubiegen und den Streifen annähernd flach zu strecken; bei den mit der Aussenepidermis versehenen dagegen reichte selbst ein Gewicht von 250 *g* nicht hin, um die rinnenförmige Biegung zu beseitigen; eine stärkere Belastung konnte nicht erprobt werden, da sie den Bruch herbeiführte. — Endlich ist auch die Schnellkraft einer vollständigen Klappe, wie sich beim Loslassen derselben nach einer schwachen Rückwärtskrümmung ergiebt, trotz ihrer geringen Biegsamkeit weit erheblicher, als die der schlafferen Hartschicht. Von welcher Bedeutung die hiermit nachgewiesene, allein durch die Mitwirkung der Aussenepidermis erzielte hohe Drehungsenergie und Elasticität der Klappen für den Oeffnungs- und Schleuder-Mechanismus ist, bedarf wohl keiner weiteren Erörterung. —

Wenn nun im vorigen nur Gewicht gelegt worden ist auf den Antagonismus zwischen der Aussenepidermis und der Hartschicht als Ganzem, so soll damit nicht behauptet werden, dass die Schrumpfungs-Differenzen, welche in der Hartschicht selbst auftreten, ganz ohne Belang seien.

Vielmehr würden ja, wenn die sämmtlichen radial hintereinander gelegenen Zelllagen die gleiche Quellungsfähigkeit besässen, bei der be-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

trächtlichen Dicke des Hartgewebes und der starken Windung der Klappen, die äusseren Hartlagen durch die inneren gedehnt werden müssen, und diese hinwiederum durch jene an der Schrumpfung gehindert werden. Am zweckmässigsten würde die Einrichtung erscheinen, dass die Quellungsfähigkeit der Zellwandmassen in der Hartschicht von aussen nach innen allmählich zunähme. Diese Einrichtung ist aber bei *Lathyrus*, wie folgende einfache Versuche erweisen, sowie zweifellos bei vielen anderen Hülsen, in der That vorhanden.

a) Klappenstücke, an welchen die innere Hälfte der Hartschicht entfernt war, wurden nunmehr auch von der Aussenepidermis und dem darunter gelegenen Parenchym befreit und dann der Austrocknung überlassen. Sie zeigten eine Einrollung wie die ganze Hartschicht, nur dem Grade nach geringer. Auch Querschnitte der reducirten Hartschicht, welche senkrecht zu den Fasern geführt waren, erlitten deutliche Trocken- und Quellungs-Krümmungen, selbst wenn sie nur die äussersten $1\frac{1}{2}$ Zelllagen enthielten. Sie waren bei warmer trockener Luft so hygroskopisch, dass sie, aus einem Wassertropfen entfernt, ihre Krümmung in demselben Momente umkehrten, in dem das Mikroskop das Verschwinden der letzten zarten Wasserhülle erkennen liess. Ausgetrocknet verminderten sie schon unter dem Atemstrom die Einwärtskrümmung; derart angehaucht, dass sich der Objectträger mit Dunst beschlug, streckten sie sich gerade.

b) An anderen Klappenstücken wurde nach dem Abziehen der Aussenepidermis statt der inneren Region der Hartschicht die äussere durch Schaben entfernt. Die Streifen sowohl wie aus ihnen gewonnene mikroskopische Schnitte zeigten beim Wasserverlust in trockener Luft die Einwärtskrümmungen mit vollster Deutlichkeit, selbst dann, als auch obendrein die Innenepidermis sammt dem darunter liegenden dünnwandigen Gewebe entfernt war. —

Mit der auf obige Versuche gegründeten Annahme des successiven Wachsens der Quellungsfähigkeit im Hartschichtgewebe von aussen nach innen stimmt übrigens in gewissem Sinne auch der anatomische Befund überein. Die von Zimmermann unterschiedenen Zellformen sind auch in der Hartschicht von *Lathyrus odoratus* vorhanden, jedoch nicht scharf von einander abgegrenzt, vielmehr gehen die steinzellenähnlichen, kürzeren, mit parenchymatisch abgerundeten Enden versehenen Hartzellen der Aussenlage allmählich in die weit längeren, meist mit lang zugespitzten Enden versehenen porenarmen der innersten Lage über. In der mittleren Region findet man demgemäss Zellen von mittlerer Länge und kurzer gerundeter Zuspitzung der Enden, welche häufig zugleich mit unverzweigten Porenkanälen in den tangentialen Wänden und schiefen Porenmündungen auf der Fläche der Radialwände versehen sind. Von den äussersten Hartzellen sind sie auch dadurch unterschieden, dass die Contouren des Lumens mehr geradlinig und nicht unregelmässig

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

verbogen sind. Die äussere tangentiale Wand der mittleren Fasern weist nicht selten eine merklich grössere Zahl von Porenkanälen auf als die innere.

Auch die Färbung mit Jodchlorzink lässt die Uebergänge in der Natur der Wandsubstanz erkennen. Bei *Lathyrus odoratus* zeigt sich auf senkrecht zu den Fasern geführten Schnitten das Lumen der innersten von einer breiten blauen gequollenen Zone begrenzt; die innere tangentiale Wand dieser Zellen färbt sich häufig intensiver und in grösserer Ausdehnung blau als die äussere. Nach aussen aber nehmen die die Zelllumina begrenzenden durch Jodchlorzink gebläuten Verdickungsschichten allmählich am Masse ab, und an der alleräussersten Zellreihe der Hartschicht trat eine blaugefärbte dünne Lamelle um das Lumen auf Radialschnitten erst nach mehrtägiger Einwirkung des Reagens hervor. Ich würde versucht sein, diese Färbungsdifferenzen in Zusammenhang mit der Zunahme der Quellungsfähigkeit zu bringen, wenn nicht eine *Lupinus*-Hülse, die ich verglich, genau die umgekehrten Erscheinungen zeigte; bei ihr nahm nämlich die Bläuung von aussen nach innen ab.

Das Resultat meiner früheren, sowie der hier mitgetheilten Untersuchung möchte ich folgendermaassen zusammenfassen.

Das Aufspringen der Hülsen wird hauptsächlich durch hygroskopische Spannungen zwischen der Hartschicht und der Aussenepidermis (resp. dieser sammt dem Hypoderma) verursacht. Diese Spannungen werden nicht allein durch die grössere Quellungsfähigkeit der Hartschicht hervorgerufen, sondern beruhen wesentlich auf der gekreuzten Stellung der in der Quere stärker als in der Länge schrumpfenden Elemente beider Gewebe. Da nämlich infolge dieser Anordnung die Schrumpfungsdifferenz in der Richtung des tangentialen Querdurchmessers der Hartfasern am grössten ist, so zwingen diese den beiden Klappen der Hülse eine einwärtsgekehrte Schraubenkrümmung mit der Faserrichtung paralleler Axe auf, die zunächst noch schwach, das Aufspringen bewirkt und sich nach demselben weiter fortsetzt. Diese Krümmung wird nun je nach Gattung und Species in grösserem oder geringerem Grade dadurch unterstützt, dass die Quellungsfähigkeit der Zellwandmassen in der Hartschicht von aussen nach innen in mehr oder minder ausgesprochenem Masse zunimmt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Steinbrinck Carl

Artikel/Article: Ueber den Oeffnungsmechanismus der Hülsen. 270-275